

# Mezőgazdasági betakarítási folyamatok szimulációja

**DR. BENKŐ JÁNOS**

SZIE Gépészmérnöki Kar, Műszaki Menedzsment Intézet

*A folyamat szimuláció a valós rendszerek viselkedését utánzó, általában számítógépre adaptált módszerek és alkalmazások széles gyűjteménye, amely az analitikai módszerekhez hasonlóan magában foglalja a vizsgált rendszert és annak modelljét. A rendszerek tanulmányozásának célja lehet a teljesítmények mérése, a működés javítása, illetve új rendszerek tervezése. A tanulmány a mezőgazdasági betakarításra koncentrálva, a betakarítási folyamatok szimulációjára alkalmas speciális modulok fejlesztésének lehetőségeit, környezetét és eszközeit mutatja be. A fejlesztett modulok elsősorban a gépek utóvizsgálatainak gyorsítására és az üzemeltetés tervezésére használhatók.*

## Bevezetés

A folyamat szimuláció már évtizedek óta a termelési és kereskedelmi folyamatok fejlesztésének, tervezésének, vizsgálatának fontos és gyakran használt eszköze. Ennek ellenére mezőgazdasági alkalmazásokkal, speciálisan a mezőgazdasági munkafolyamatok analizálására fejlesztett megoldásokkal szinte alig találkozhatunk. A hazai, de a határon túli érdektelenség okai valószínűleg sokrétűek. A tapasztalat szerint, viszonylag kevesen rendelkeznek az alkalmazáshoz, de még inkább a fejlesztéshez szükséges, az átlagos számítástechnikai képzettséget meghaladó szimulációs technikai ismeretekkel, ami fokozottan igaz a mezőgazdaság területén működő szakemberekre. Az előző megállapításból levezethetően gyanítható, hogy kevesen vagy csak felszínesen ismerik a módszerben rejlő lehetőségeket, azok eredményességét és hatékonyságát.

A számítógépes szimuláció olyan módszer, amely valóságos rendszerek működését, tulajdonságait imitáló szoftvert használ a valóságos rendszerek modelljeinek tanulmányozására és numerikus kiértékelésére. Praktikusan, a szimuláció egy valós létező, vagy egy megalkotandó rendszer tervezési, fejlesztési és analízis folyamata számítógépes modell segítségével. A cél, adott vagy előírt inputokhoz és feltételekhez tartozó rendszerviselkedés jobb megértése. A szimuláció nem az egyedüli eszköz egy rendszer tanulmányozására, mégis a leggyakrabban választott módszer, amikor a rendszer valósághű modelljére van szükség. A szimulációs modellek ugyanis kevésbé követelnek komplexitást csökkentő megszorításokat, szemben más módszerekkel, amelyek sokkal több és drasztikusabb, a modell érvényességét csökkentő, egyszerűsítő feltevést igényelnek.

Ugyanakkor a fejlesztőeszközök viszonylag drágák, és sok időt vesz igénybe a különböző alkalmazások elsajátítása. Ez még akkor is igaz, ha a szimulációs programok fejlesztésének eszközei látványos fejlődésen mentek keresztül. A digitális számítógépek megjelenésével szinte egy időben, az 1950-es és az 1960-as években általános célú programnyelveket, például a **FORTAN**-t használták a szimulációs programok megírására. Később jelentek meg a speciális célú szimulációs nyelvek, mint a **GPSS**, **Simsript**, **SLAM**, **SIMAN**, és biztosítottak sokkal jobb, kényelmesebb programozási környezetet a felhasználóknak. Az elmúlt két évtizedben az ún. magas szintű szimulátorok alkalmazása vált általánossá, amelyeket elsősorban a könnyű használhatóság, az interaktív grafikus felhasználói felület, az áttekinthető menürendszer és a dialógusok jellemeznek.

Egy szimulátorban a rendelkezésre álló szimulációs modellelemekből (ún. modulokból) választhatjuk ki az adott probléma logikájának megfelelő modulokat, azokat összekapcsolhatjuk, paraméterezhetjük, továbbá a programot futtatva a rendszerkomponensek mozgását, változá-

sát grafikusan is megjeleníthetjük (animálhatjuk). Legtöbb szimulátor alkalmazási területe erősen korlátozott (pl. gyártás, kommunikáció). Sokak szerint e szoftvercsomagok fejlesztői túl messzire mentek azzal, hogy feláldozták a rugalmasságot a könnyű használhatóság oltárán.

### **A szimuláció alkalmazásának lehetőségei a mezőgazdasági gépesítésben**

A bevezetőben röviden bemutatott szimulációs technika, illetve ennek eszközei a szimulációs szoftverek, és az ezekkel fejleszthető modellek a mezőgazdasági gépesítés területén valószínűleg sok helyen és sokféle célra használhatók. Most azonban csak két fontos területre koncentrálunk, a mezőgazdasági gépvizsgálatokra és a betakarítógépek üzemeltetésére.

(1) **A klasszikus mezőgazdasági gépvizsgálatok** gyakorlata szerint egy gép sorozatgyártását megelőző és a sorozatban gyártott gépek (ún. utóvizsgálat) vizsgálatáról beszélhetünk. A sorozatgyártást megelőző vizsgálatok célja és helyszíne szerint megkülönböztethetők a gyártónál, vagy a fejlesztő intézetben és a szántóföldön végzett vizsgálatok. Az előbbiek a fejlesztés különböző fázisaiban a gyártmánytervezést kontrolálják és segítik, az utóbbiak pedig a tervezett üzemeltetési célok megvalósulását ellenőrzik.

A gépet tervező (fejlesztő) intézetben, vagy a gyártó vállalatnál a fejlesztés stádiumában végzett vizsgálatok célja annak ellenőrzése, hogy a termék képes-e a tervezett műszaki paraméterek teljesítésére. E vizsgálatok az egyes szerkezeti részek laboratóriumi méréseitől a gyártmány komplex, üzemszerű körülmények közötti teszteléséig terjednek. A sorozatgyártást megelőző szántóföldi műszaki ellenőrző vizsgálatok a gép munkaminőségének, teljesítményének, üzembiztonságának, összefoglalóan a gép használhatóságának a megítélését célozzák. Ennek elérése érdekében a hangsúlyt az elvárt üzemeltetési paraméterek mérésére helyezik.

Az utóvizsgálatok célja általában a sorozatban gyártott, újonnan bevezetett és viszonylag nagyobb darabszámban használatba vett gépek használhatóságának minősítése, elsősorban munkaminőségi, üzembiztonsági és teljesítménymutatók alapján. A vizsgálat reprezentatív, különböző helyszíneken és üzemi körülmények között, általában több gép bevonásával történik, amelynek publikus eredményei, mint üzemeltetési adatok és tapasztalatok jelennek meg. Ezek lehetővé teszik a gép használhatóságának megítélését, segítik a munkafolyamatok tervezését, ugyanakkor konstrukciós módosításokat is generálhatnak.

Az utóbbi két kategóriába sorolható vizsgálatok meglehetősen hosszú időt vesznek igénybe és meglehetősen drágák. A folyamatjellemzők nagy száma miatt (terménymennyiség, termésátlag, táblaméret, szállítási távolság, stb.) szinte végtelen sok variáció létezik és végtelen sok mérésre lenne szükség. Kérdés lehet ezért, hogy a mérővizsgálatok időtartama és költsége milyen módszerekkel csökkenthető. A kérdés úgy is megfogalmazható, hogy a néhány helyen, korlátozott számban elvégzett mérések eredményei miként általánosíthatók, és terjeszthetők ki a mérések helyétől eltérő üzemi körülményekre. A kérdés megválaszolásához alapvetően két problémát kell megoldani. Először azt kell eldönteni, hogy a különböző helyeken vizsgált folyamatok jellemzői közül mi az, ami hasonló, ezt követően pedig meg kell határozni a folyamatjellemzők közötti összefüggéseket.

A jelenségek legáltalánosabb, legtömörebb jellemzését a matematikai modell adja, amely alatt a folyamat belső törvényszerűségeit leíró egyenletrendszer, gyakran differenciálegyenletrendszer értjük, az adott körülményekre vonatkozó egyértelműségi feltételekkel együtt. Ha a betakarítógépek működését ilyen egyenletrendszerrel le tudnánk írni, akkor a felvetett kérdésünket azonnal megválaszolhatnánk. Sajnos az említett egyenleteket nem ismerjük, de a helyzet nem reménytelen, mert a matematikai modell helyett, kevésbé egzakt, de a valóságot jól leíró szimulációs modellt is alkalmazhatunk.

A szimulációs modell is matematikai jellegű, azonban egy rendszer működését egyenletek helyett a rendszerelemek egyedi eseményein keresztül írja le. Közelebbről, a rendszert olyan elemekre bontjuk, amelyeknek a viselkedése megjósolható, legalábbis valószínűségi értelemben, majd ezeket az elemeket a köztük lévő viszonyokat figyelembe véve összekapcsoljuk. Az így készített modellben véletlenszám-generátorral eseményeket szimulálunk, amely a rendszer tulajdonságait tükröző időbeli működést eredményez. Ezt az eljárást különféle konfigurációkra és működési politikákra (bemenetekre) megismételve egymással összevethető kimeneteket kapunk. A szimuláció lényegében nem más, mint a rendszer modelljén végzett kísérletek elvégzése.

Visszatérve az eredeti kérdéshez, azt mondhatjuk, hogy a betakarítási folyamatok szimulációs modelljeinek birtokában a gépvizsgálatok helyszíneinek számát lényegesen csökkenthetjük, ha a vizsgálatok egy részét nem a valóságos rendszeren, hanem a szimulációs modellen végzzük. Ez nem elhanyagolható költség és időmegtakarítást eredményezhet.

Az üzemszerű működést jellemző paramétereket (a meghibásodási folyamatok statisztikai paraméterei, üritési idő, fordulási idő, stb.) továbbra is csak szántóföldi körülmények között végzett megfigyelésekkel lehet felvenni. Ezekre az adatokra támaszkodva azonban a szimulációval a legváltozatosabb körülményekre (változó táblaméret, termésátlag, kiszolgálás, stb.) elvégezhetők az ún. sorozatban gyártott gépek utóvizsgálatai, és megbecsülhető a gépek várható teljesítőképessége, viselkedése. Az így nyert üzemeltetési adatok a gépparkok, a munkafolyamatok tervezéséhez szolgáltatnak információkat.

**(2) A betakarítógépek üzemeltetési problémái és a szimuláció.** Közismert, hogy a betakarítógépek teljesítőképességének és munkaidejének a kihasználatlanságból adódó veszteségek és költségnövekedés a gép elméleti teljesítőképességével arányosan növekszenek. A nagyteljesítményű gépek alkalmazása ezért egyre nagyobb szakértelmet, üzemeltetésük pedig egyre több odafigyelést kíván.

Számos felmérés és vizsgálat bizonyította és bizonyítja, hogy a betakarítógépek produktív időre számított tömegteljesítménye lényegesen kisebb, mint amit az áteresztőképességük alapján elvárhatnánk. Ennek sokféle oka van, azonban alapvetően két tényezőre, a teljesítőképesség és a munkaidő nem megfelelő kihasználására vezethető vissza.

A tapasztalat szerint a betakarítógépek csupán a munkaidő felét töltik betakarítással (alapidő), és a munkaidő másik fele kiegészítő műveletek végzésére (mellékidők, műszaki kiszolgálás, stb.) fordítódik vagy elvész. Természetesen, teljes kihasználtság tartósüzemben soha nem érhető el, azonban a teljesítménycsökkenés ésszerűbb üzemeltetéssel és jobb szervezéssel csökkenthető. A teljesítőképesség és a munkaidő jobb kihasználása egyrészt műszaki, másrészt munkaszervezési feladat.

A betakarítógépek **alapidőre számított teljesítőképessége** alapvetően a **gépterheléstől** függ, ami a következő formulával számítható

$$q = B \cdot v \cdot M \quad (\text{kg/s}),$$

ahol:  $B$  a munkaszélesség (m),  $v$  a haladási sebesség (m/s),  $M$  az egységnyi területre eső főtermény+melléktermék hozam ( $\text{kg/m}^2$ ). A jó teljesítmény kihasználás érdekében arra kell törekedni, hogy gépterhelés közelítse az áteresztőképesség értékét. A várható átlagos terméshozamhoz ezért a betakarítógépet úgy kell megválasztani, hogy a választott gép munkaszélessége és sebességtartománya tegye lehetővé az áteresztőképesség maximális kihasználását. A betakarítógép megengedett haladási sebessége alapvetően a gép konstrukciós adottságaitól függ, de a terepviszonyok és a termény állapota is befolyásolhatják.

A gép kiválasztása után a szabályozás mozgástere kicsi, csak a haladási sebességet változtathatjuk, mivel a munkaszélesség általában állandó, a termőhelyenként, de gyakran azon belül is változó terményhozamot pedig nem áll módunkban befolyásolni.

A megfelelő sebesség megválasztását sokszor a gépterheléssel arányos jellemzőket mérő eszközök segítik. Például az aratócséplőgépeknél ilyen a szemveszteség jelző. Más gépeknél vagy műszer hiányában azonban általában csak a gépkezelő tapasztalatára hagyatkozhatunk, ami nem lebecsülendő, de talán nem ártana olyan üzemeltetési táblázatokat vagy diagramokat közre adni, amelyek a terméshozam függvényében tájékoztatnak az optimális haladási sebességről. Ilyen tájékoztató adatok a bemeneti paraméterek változtatásával szimulációs modellezéssel állíthatók elő.

A betakarítógépek **munkaidő kihasználását** lényegesen befolyásolják az **állásidők**, amelyek egyrészt a meghibásodások okozta időkiesésre, másrészt a ciklikusan működő, kiszolgáló szállítóeszközök számának és kapacitásának a helytelen megválasztására vezethetők vissza.

Durva közelítéssel a **szükséges járműszám** a következő módon számítható. A szállítóeszközök szállítóképessége:

$$Q = \frac{m}{t_{r1} + t_{r2} + t_m} = \frac{m}{t_{r1} + t_{r2} + \frac{2s}{v_j}} \quad (\text{kg/s}),$$

ahol:  $m$  a szállítójármű teherbírása (kg),  $t_{r1}$  a megrakási idő (s),  $t_{r2}$  az ürítési idő (s),  $s$  a szállítás távolsága (km),  $v_j$  a szállítójármű átlagos sebessége (km/h).

A gépterhelésből az egységnyi idő alatt betakarított főtermék mennyiség:

$$q_f = \frac{q}{1 + 1/c} \quad (\text{kg/s}),$$

ahol  $c$  a fő- és melléktermék aránya. A szükséges járművek száma:

$$n = \frac{q_f}{Q} \quad (\text{db}).$$

Nagyvalószínűséggel ez a számítás túlméretezést eredményez, mivel a produktívidőre eső, de még inkább a teljes munkaidőre eső gépterhelés lényegesen kisebb, mint az alapidőre számított.

A pontosabb számítás nehézségét az okozza, hogy a mellékidők (fordulási idő, ürítési idő, stb.), illetve ezek jelentkezésének gyakorisága egzakt módon nem adható meg. Például a táblavégi fordulások gyakoriságát befolyásolja a tábla hossza, az ürítések gyakoriságát és helyét a termésátlag, a betakarítógép gyűjtőtartályának mérete és a szállítójárművek kapacitása. Nehezen becsülhetők előre a gyűjtőtartály ürítésének helyei, és így a betakarítógépet közelítő szállítójármű által a táblán megtett út hossza. A gyűjtőtartály telítődésének helyei és időpontjai ugyanis függenek a terméshozamtól, annak változékonyságától, a táblahosszától, stb.. A szükséges járműszám precíz számítása klasszikus módszerekkel ezért reménytelennek látszik. Szimulációs modellezéssel, azonban a folyamatot befolyásoló különféle tényezők hatása figyelembe vehető anélkül, hogy e tényezők közötti egzakt belső összefüggéseket ismernénk.

A gépvizsgálatokról és a betakarítógépek üzemeltetéséről elmondottak egyaránt felvetik a mezőgazdasági gépcsoportok működését szimuláló, paraméterezhető modulok fejlesztésének szükségességét, amelyekből a különböző munkafolyamatok modelljei gyorsan felépíthetők.

## A speciális modulok fejlesztésének környezete

A mezőgazdasági rendszerekben és termelési folyamatokban fontos szerepet betöltő mezőgazdasági gépek, illetve munkafolyamatok modellezését magas szintű, speciális modulokkal –a bevezetőben említett szimulációs szoftverek– közvetlen nem támogatják. Ezért a feladat megoldásához olyan szoftvert célszerű választani, amely lehetővé teszi ezeknek a moduloknak a kifejlesztését. Ennek a kritériumnak leginkább a *Rockwell Software Arena* nevű terméke felel meg. Az **Arena** ugyanis a magas szintű szimulátorokat jellemző könnyű kezelhetőséget a szimulációs nyelvek rugalmasságával kombinálja, és emellett a teljesen általános célú **Microsoft® Visual Basic®** és **C** nyelvek használatát is biztosítja. A grafikus szimulációs modellfejlesztéshez, az ún. modulbázisú modellezéshez az **Arena**-ban különböző funkciójú modulok, illetve ezek sablonjai állnak a fejlesztők rendelkezésére. Az áttekinthető kijelzés és a könnyű alkalmazás érdekében a modulok ún. sablonpanelekre rendezettek. Annak érdekében, hogy a szimulációs modellek széles körét korrekt módon építhessük fel, a különböző szintű és funkciójú panelek moduljai kombinálhatók, vagyis ugyanabban a modellben különböző panelekről származó, különböző szintű modulok keverten használhatók.

A modulok az Arena önálló építőelemei, amelyeket a sablonpanelekről lehet kiválasztani. Az így kiválasztott modulok egy modellbe, vagy egy új modul definíciójába helyezhetők. Ez azt jelenti, hogy a magasabb szintű modulok a modul logikának megfelelő, alacsonyabb szintű modulokból építhetők fel. A szimulációs modellépítéskor a sablonpanelekről a modulokat, pontosabban azok másolatát a modellablakba helyezzük, gondoskodunk a moduladatokról, a modulok összekapcsolásával pedig specifikáljuk az entitások áramlását a modellben. Kétszer kattintva a modellablakba helyezett modulra, megnyílik a modul dialógusablaka, amely általában egy vagy több operanduszoknak nevezett változtatható értéket (paramétert) tartalmaz. Az operanduszok teszik lehetővé egy modul viselkedésének a változtatását, illetve alkalmazhatóságát a szimulációs modell különböző működési szituációjában.

A modulok között áramló entitások mozgásának definiálásához használhatunk közvetlen vagy ún. állomástranszfer kapcsolatot. A közvetlen kapcsolatot úgy alakítjuk ki, hogy egy modul kimeneti pontját összekötjük egy másik modul belépési pontjával. A modul kilépési pontján távozó entitás késleltetés nélkül (a mozgásnak nincs időigénye) éri el a kapcsolódó modul belépési pontját. Az állomástranszferek használatakor a modult elhagyó entitás (szállítási vagy mozgató okán) meghatározott útvonalon mozog. Az útvonal célállomását általában egy *Station* (állomás) modul definiálja. Az állomástranszferes entitásmozgatásnak lehet időigénye, és a továbbításhoz erőforrások, anyagmozgató eszközök (emberek, járművek, konvektorok, rakodógépek, stb.) rendelkeznek.

A modellezés rugalmasságát az Arena hierarchikus felépítése biztosítja. Az alacsonyabb szintű modulok rendelkeznek a SIMAN szimulációs nyelv adta lehetőséggel. Ugyanakkor írhatunk Visual Basic vagy C/C++ kódú döntési algoritmusokat, adatbevitelt segítő űrlapokat, vagy adatelérési rutinokat külső adatbázisok eléréséhez. Végül tervezhetünk, létrehozhatunk saját modulokat is (a modulok valójában SIMAN komponensekből állnak) és ezekből saját sablonpaneleket alkothatunk. Az elmondottak alapján az Arena alkalmazásakor nem kell kompromisszumokat kötni a könnyű alkalmazhatóság és a rugalmasság között.

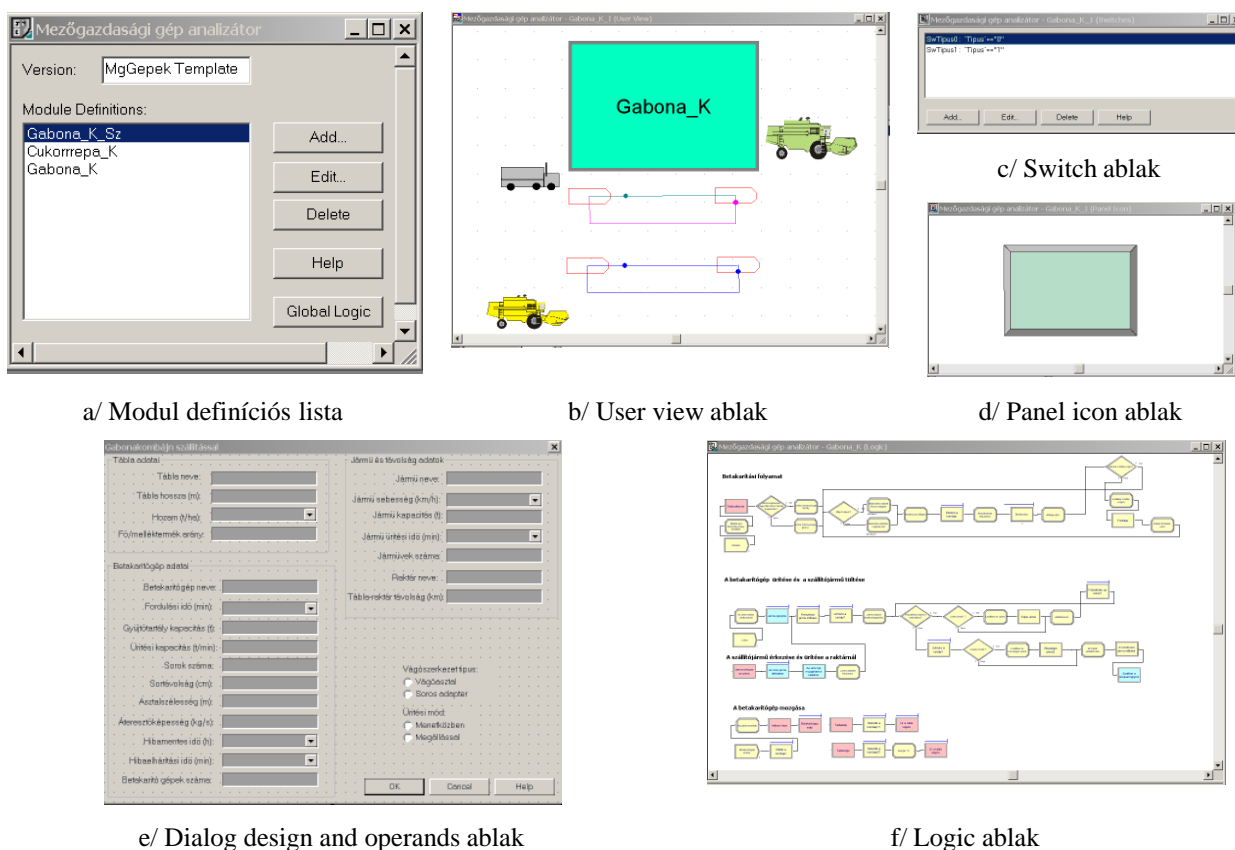
Az Arena Professional Edition és az Arena Standard változatai együttesen így egy olyan integrált fejlesztési környezetet alkotnak, amely nemcsak a grafikus modellek felépítését, a modellek ellenőrzését és analizálását támogatja, hanem eszközöket biztosít a moduloknak nevezett, újrahasználatos modellezési komponenseknek a fejlesztéséhez is. A megfogalmazott célok eléréséhez tehát az Arena Professional Edition program minden olyan tulajdonsággal rendel-

kezik, amelyek a mezőgazdasági gépek munkafolyamatainak szimulációját segítő speciális modulok fejlesztéséhez szükségesek.

## A modultervezés eszközei

A fejlesztés fázisainak a bemutatásához először az alapfogalmakat definiáljuk, majd rövid áttekintést adunk a modultervezés lépéseiről.

Egy moduldefiníció létrehozásához az Arena Professional Edition-ben egyidejűleg öt ablakot használunk: felhasználói nézet (*user view*), kapcsoló (*switch*), panelikon (*panel icon*) dialógustervező (*dialog design*) és logikai (*logic*) ablakok (1. ábra). A szerkesztéshez a definíciós listából (1/a ábra) kiválasztott modul definíciós ablakai az ún. *Template Window*-ban (sablonablakban) nyithatók meg a *Window* menüben megjelenő menüpontokkal vagy az eszköztár megfelelő gombjaival. A szerkesztés alatt egyidejűleg tetszőleges számú ablak lehet nyitva egy vagy több moduldefiníció számára. Az 1. ábrán például a „Gabona\_K\_Sz” nevű modulhoz tartozó öt moduldefiníciós ablak látható.



1. ábra: Az Arena Professional Edition moduldefiníciós ablakai

Modell tervezéskor, amikor a felhasználó az Arena Standard változatát használva egy modult kiválaszt a sablonpanelen és a modellablakba helyezi, akkor a képernyőn a modulmásolat felhasználói nézete jelenik meg. E felhasználói nézet képét és a hozzátartozó elemeket a **User view ablakban** (1/b ábra) tervezhetjük meg. A felhasználói nézet tartalmazza a modulkezelőt (a text objektumként megjelenő azonosítót vagy modul nevet, amit a modul párbeszédablakának megnyitása után megváltoztathatunk), a belépési és a kilépési pontokat, az operandusz listát, a statikus grafikát és/vagy az animációs objektumokat.

A **dialógustervező ablak** (Dialog design window) a modul párbeszédablakának szerkesztésére szolgál (1/e ábra). A párbeszédablak egy kommunikációs csatorna, amelyen keresztül a fel-

használó kapcsolatot teremthet a modullal. A párbeszédablak megjeleníti a default és a felhasználó által bevitt adatokat, valamint tartalmazhat különböző vezérlő elemeket, ún. kontrollokat. A párbeszédablakban adhatók meg és változtathatók a modul működését meghatározó operanduszok értékei. A „*Gabona\_K\_Sz*” nevű modul esetében ezek az aratócséplőgép adatai (áteresztőképesség, vágószerkezet típusa, gyűjtőtartály kapacitása, stb.), a tábla adatai (tábla hossza, termésátlag, stb.) és a kiszolgáló járművek adatai (jármű sebessége közúton és a táblán, szállítási távolság, járművek száma és kapacitása stb.).

A modul motorja a szimulációs logika a **Logic ablakban** tervezhető (1/f ábra). A szimuláció futása alatt a modulmásolatba érkező entitások a modul logika által előírt egyszerű vagy összetett tevékenységek (pl. késleltetés, blokkolás, szállítás) sorozatát generálják. A modulervezésnek ez a legérdekesebb és a legnagyobb kihívást jelentő része. A tanulmány második részében a modullogika szerkesztés eszközeit és fortélyait egy konkrét példán, a gabona betakarítás modulján részletesebben is bemutatjuk.

A **Switch ablakban** (1/c ábra) definiált kapcsolókat a modul megjelenés és a szimulációs logika vezérlésére használjuk. A switch-eket a modul objektumaihoz (párbeszédablak, logika, felhasználói nézet stb.) csatolhatjuk. Amint a nevük is utal rá, egy switch *True* vagy *False* értéket vehet fel. Ha például egy objektum switch-el kapcsolt, akkor az objektum csak a Switch *True* értéke esetén jelenik meg vagy válik a szimulációs logika részévé, különben rejtett, vagy nem része a logikának.

A modul panelikonja (1/d ábra) és a modul neve a modult integráló sablonpanelen jelenik meg, amikor a sablonpanelt az ún project bar-hoz kapcsoljuk.

Az Arena Professional Edition programmal, illetve a röviden bemutatott moduldefiníciós ablakok felhasználásával készíthetők el a mezőgazdasági betakarítógépek vizsgálatára alkalmas speciális modulok. A leggyakrabban előforduló betakarítógépek gépek moduljainak gyűjteményét tartalmazó sablonpanelt **Mezőgazdasági gép analízátornak** neveztük el, amelyről a betakarítógépek és a hozzájuk kapcsolódó szállítóeszközök szimulációjára alkalmas modulok másolatai a modellekbe szerkeszthetők. A modulokhoz –igény szerint– kimeneti változók és statisztikák rendelhetők, amelyek a modellezés eredményeit hivatottak megjeleníteni jól áttekinthető riportok formájában. Természetesen, szükség esetén a felhasználó további saját statisztikákat is definiálhat.

### Irodalom:

1. Arena Professional Reference Guide, Rockwell Software Inc., 2000.
2. Benkő J.: A termény betakarítás és szállítás modellezése az Arena szimulátorral. Logisztikai évkönyv 2006 (Szerk.: Szegedi Z.), Magyar Logisztikai Egyesület, Budapest, 2006. 125-133 p.
3. Benkő J.: Logisztikai folyamatok szimulációja. LOKA, Gödöllő, 2012.
4. Jován D.-Soós P.-Sörös I.: Arató-cséplő gépek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1980.
5. Kelton, W. D., R. P. Sadowski, and D. T. Sturrock.: Simulation with Arena. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

### Summary

The process simulation imitates behaviour of the real systems, it is generally wide collection of methods and applications that is adapted onto computer, and that includes the examined system and its model similarly to the analytics methods. The measurement of the performances and the correction of the operation are the aims of the examination of the systems or other goal can be planning of new systems. The study concentrating on the agricultural harvest, presents the opportunities of the development of special modules that are suitable for

simulation of the harvest processes, and shows environment and devices of the development. The developed modules primarily can apply to accelerate the post examinations of the agricultural machines and to use for operation's planning.

**Publikálva:**

Mezőgazdasági Technika, LIV. évf. július, 2013. 2-5 p.